牧草盲蝽危害对寄主植物体内营养物质含量及保护酶活性的影响

苟长青，孙　鹏，刘端春，迪丽努尔·艾麦提，冯宏祖*

（塔里木大学，南疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室，农业部阿拉尔作物有害生物科学观测实验站，塔里木大学南疆农业有害生物综合治理重点实验室，新疆阿拉尔 843300）

摘要：【目的】为了明确牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 危害对不同寄主体内营养物质及保护酶的影响。【方法】采用分光光度法测定了牧草盲蝽偏好度不同的 10 种寄主植物（6 种偏好寄主，偏好性依次为：灰绿藜 *Chenopodium glaucum* > 马齿苋 *Portulaca oleracea* > 反枝苋 *Amaranthus retroflexus* > 紫花苜蓿 *Medicago sativa* > 木地肤 *Kochia prostrata* > 棉花 *Gossypium hirsutum*；4 种非偏好寄主：碱蓬 *Suaeda glauca*、天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*、田旋花 *Convolvulus arvensis* 和宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*）受其危害后叶片中叶绿素、可溶性糖和氨基酸含量以及保护酶活性。【结果】结果表明，受牧草盲蝽为害后，不同寄主植物叶片叶绿素含量均有所下降，其中反枝苋叶片叶绿素含量下降率最低，仅 2.6%；紫花苜蓿叶片叶绿素含量下降率最高，达 26.21%。可溶性糖含量变化各异，木地肤叶片可溶性糖含量下降率最高，达 24.05%，且与对照（未受害株）间存在显著差异；灰绿藜叶片可溶性糖含量上升 68.92%，与对照差异极显著。除反枝苋叶片游离脯氨酸含量下降 38.87%，其余寄主叶片中游离脯氨酸含量均呈上升趋势。各寄主植物叶片中蛋白质含量均有所下降，反枝苋中下降率最低，仅 2.96%。不同寄主中受害后叶片 POD 活性均呈增强趋势，马齿苋受害后叶片 POD 活性增幅最高，达 74.23%。受害后寄主叶片 CAT 活性有增有减，灰绿藜、紫花苜蓿和田旋花叶片 CAT 活性增高，分别增加 45.07%，30.95% 和 22.47%；马齿苋与天蓝苜蓿受害后叶片 CAT 活性下降显著。反枝苋、天蓝苜蓿受害后叶片 SOD 活性下降，其余寄主叶片中 SOD 活性上升，但均无显著差异。【结论】寄主受害后，叶片叶绿素含量、游离脯氨酸含量变化与牧草盲蝽偏好性具有较好的相关性，而可溶性糖和蛋白质含量及保护酶活性变化无规律性或无显著差异。

关键词：牧草盲蝽；寄主植物；寄主偏好度；营养物质；保护酶

中图分类号：Q965　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2018)08-0976-08

Effects of *Lygus pratensis* (Hemiptera: Miridae) infestation on the nutrient contents and protective enzyme activities in host plants

GOU Chang-Qing, SUN Peng, LIU Duan-Chun, Dilinuer AIMAITI, FENG Hong-Zu* (The National and Local Joint Engineering Laboratory of High Efficiency and Superior-Quality Cultivation and Fruit Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in South Xinjiang, Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Alar, Ministry of Agriculture, Southern Xinjiang Key Laboratory of IPM of Tarim University, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: 【Aim】 To clarify the effects of *Lygus pratensis* infestation on the nutrients and protective enzymes of host plants. 【Methods】 The contents of chlorophyll, soluble sugar, amino acids, and

---

基金项目：国家自然科学基金项目"牧草盲蝽种群季节性寄主转换机制"(31560513)

作者简介：苟长青，男，1994 年生，新疆阿拉尔市人，硕士研究生，研究方向为害虫综合治理，E-mail：1320241398@qq.com

*通讯作者 Corresponding author, E-mail: fhzzky@163.com

收稿日期 Received: 2017-12-16；接受日期 Accepted: 2018-05-29

protective enzyme activities in the leaves of 10 host plants (six preference hosts with the preference in the descending order as *Chenopodium glaucum*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus*, *Medicago sativa*, *Kochia prostrate* and *Gossypium hirsutum*, and four non-preference hosts including *Suaeda glauca*, *Medicago lupulina*, *Convolvulus arvensis* and *Lepidium latifolium*) infested by *L. pratensis* were determined, respectively, using biochemical methods. 【Results】After the host plants were infested by *L. pratensis*, decreased chlorophyll contents were recorded in leaves of all the tested hosts, with the lowest decrease rate in *A. retroflexus* (2.6%) and the highest in *M. sativa* (26.21%). The soluble sugar contents varied a lot after *L. pratensis* infestation. The soluble sugar content in infested leaves of *K. prostrata* was significantly declined by 24.05%, while significantly increased by 68.92% in infested leaves of *C. glaucum*. Except that the free proline content in leaves of *A. retroflexus* was decreased by 38.87%, those in leaves of all the other host plants were stimulated by *L. pratensis* infestation. The protein contents in leaves of all the host plants were all decreased after *L. pratensis* infestation, with the lowest decline by 2.96% in *A. reflexus* as compared to the control (uninjured plants). The POD activities in leaves of different host plants increased after *L. pratensis* infestation, with the highest increase rate (74.23%) in *P. oleracea*. After *L. pratensis* infestation, the CAT activities in leaves of host plants fluctuated a lot. The CAT activities in infested leaves of *C. glaucum*, *M. sativa* and *C. arvensis* increased by 45.07%, 30.95% and 22.47%, respectively, as compared to the control. However, significantly decreased CAT activities were observed in infested leaves of *P. oleracea* and *M. lupulina*. Except that the SOD activities in leaves of *A. lividus* and *M. lupulina* infested by *L. pratensis* decreased, the SOD activities in leaves of all the other host plants were increased but showed no significant difference. 【Conclusion】After host plants are injured by *L. pratensis*, the changes in the contents of chlorophyll and free proline in leaves of host plants are well correlated with the preference of *L. pratensis* to these hosts, while the contents of soluble sugar and protein and the protective enzyme activity have no correlation with the host preference of *L. pratensis*.

Key words: *Lygus pratensis*; host plants; host preference; nutrients; protective enzymes

牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 属半翅目(Hemiptera)盲蝽科(Miridae)。其寄主种类多,包括棉花、蔬菜、果树、杂草等 26 科 88 种(曹娜等, 2017),以若虫和成虫刺吸植株汁液。为害棉花造成大量蕾铃脱落,据调查 7 月中旬前后棉花蕾铃脱落总数中有23% ~98%是盲蝽造成的,如果不及时防治,一般减产50%以上(王敬儒等, 1979)。近年来,随着转基因抗虫棉的大面积推广种植,棉铃虫得到有效的控制,化学药剂的使用量逐渐减少,而棉盲蝽等刺吸类害虫种群数量上升,危害增强,并呈严重灾变趋势,在我国许多地区已经成为危害棉花、果树、蔬菜生产的重要害虫(Wu *et al*., 2002; Lu *et al*., 2010; 陆宴辉等, 2010)。2000 年后牧草盲蝽在新疆南疆棉田大发生,并波及果园,严重威胁新疆农、林生产(杨明超和杨涛, 2001; 杨雄等, 2004)。

害虫与寄主互作关系的研究是目前植物抗虫性研究的热点(Fleury *et al*., 2007; Wu *et al*., 2008; Lu *et al*., 2008)。植物受到虫害胁迫后,体内与抗逆性相关的营养物质含量及保护酶活性会发生变化而影响昆虫取食,从而获得间接的抗虫性。研究害虫危害与寄主体内营养物质及保护酶变化之间的关系,有助于了解寄主的抗虫能力及受害后生理反应机制,对田间诱集作物的选择、害虫抑制剂的开发具有指导性作用(曾凡荣和毕新平, 2005; 魏书艳等, 2010b)。已有的研究发现大豆 *Glycine max* 中的胰蛋白酶抑制剂能抑制谷盗生长发育,青豆中的胰蛋白酶抑制剂对盲蝽 *Lygus lineolaris* 和 *Lygus lesperus* 胰蛋白酶具有很强的抑制作用。菜豆 *Phaseolus vulgaris* 豆荚中叶绿素 A 和 B、粗蛋白等的含量能影响盲蝽的取食(曾凡荣和毕新平, 2005; 魏书艳等, 2010a)。绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 危害枣、桃、樱桃、葡萄后,4 种果树叶片内可溶性糖含量、游离氨基酸含量、POD 和 SOD 活性变化率与绿盲蝽偏好程度之间存在一定的正相关性(高勇等, 2012);绿盲蝽取食和机械损伤能引起棉花叶片内保护性酶、防御性酶活性的变化(谭永安等, 2010; 毛红等, 2011)。

牧草盲蝽是新疆主要的棉花害虫,目前对该虫的研究多集中于生物学特性、发生规律及防治技术等方面(张孝峰, 2014; 杨琪等, 2017; 孙鹏等, 2017),对牧草盲蝽危害后寄主植物体内营养物质含量及保护酶活性变化方面的研究未见报道。本研究通过测定牧草盲蝽危害后寄主体内营养物质含量及保护酶活性变化,探讨与其偏好度的关系,为更好地认识两者的相互关系提供信息,并为牧草盲蝽综合防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试生物材料、主要试剂和仪器

1.1.1 供试寄主植物:本课题组曹娜等(2017)以棉花为参照,调查了牧草盲蝽对寄主的偏好性,得到偏好性寄主 12 科 22 种,非偏好寄主 23 科 66 种。本研究从中选取偏好寄主 6 种,其偏好性大小顺序为:灰绿藜 *Chenopodium glaucum* > 马齿苋 *Portulaca oleracea* > 反枝苋 *Amaranthus retroflexus* > 紫花苜蓿 *Medicago sativa* > 木地肤 *Kochia prostrata* > 棉花 *Gossypium hirsutum*;非偏好寄主 4 种:碱蓬 *Suaeda glauca*、天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*、田旋花 *Convolvulus arvensis*、宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*。供试棉花品种为新陆中 38(XLZ38),由新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所提供,杂草等其他寄主采自塔里木大学校园。

1.1.2 供试虫源:牧草盲蝽采自塔里木大学,在光照培养箱中 25 ± 0.5℃、RH 70% ± 5%、光周期 16L:8D条件下用花菜连续饲养,得到虫龄基本一致的若虫,以 3 –4 龄若虫供试。

1.1.3 主要试剂:磺基水杨酸(分析纯)、茚三酮(分析纯)、磷酸(分析纯)、磷酸氢二钠(分析纯)、磷酸二氢钠(分析纯)、甲硫氨酸(Met)(分析纯)、氮蓝四唑(NBT)(分析纯)、聚乙烯吡咯烷酮 K30(分析纯)、核黄素(分析纯)、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-Na_2)(分析纯)、H_2O_2(分析纯)和愈创木酚(化学纯)均采购于生工生物工程(上海)股份有限公司。

1.1.4 实验仪器:RXZ 型智能人工气候箱购自宁波江南仪器厂;菁华 752 手动型紫外可见分光光度计购自上海菁华科技仪器有限公司;湘仪 TGL-16M 高速台式离心机购自长沙湘仪离心机仪器有限公司;水浴锅 HH-6 购自国华电器有限公司;雷磁 PHS-3C 型台式 pH 计购自雷磁电子科技有限公司;VORTEX-5 旋涡混合器购自海门市其林贝尔仪器制造有限公司。

1.2 叶绿素、可溶性糖和氨基酸含量以及保护酶活性测定

对上述不同杂草类寄主小苗进行移栽,移入大小一致塑料花盆中进行室内培育。每供试寄主移栽 10 盆,用纱网笼罩培养,给予充足的水肥管理。30 d后,选取长势均一较好的供试寄主,每供试寄主选取 6 盆。除去下部衰老叶片,其中 3 盆作空白对照,不接虫,另 3 盆为处理,分别接入 25 头牧草盲蝽。接虫 7 d 后,测定不同处理植株叶片的营养物质含量及保护酶活性(植株上、中、下部叶片各取一片,剪取组织时避开叶脉),每盆寄主测定 3 次(每个处理共测定 9 次)。供试棉花采用种子催芽播种,每盆放入 6 粒种子,30 d 后,保留 3 株,用纱网笼罩培养,给予充足的水肥管理。其他处理同杂草类寄主一致。

叶绿素含量采用分光光度计法测定法;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;游离脯氨酸含量采用酸性茚三酮显色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G250 染色法测定;过氧化物酶(peroxidase, POD)活性采用氮蓝四唑法测定;过氧化氢酶(catalase, CAT)活性采用愈创木酚法测定;超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性采用紫外吸光法测定(王学奎, 2010; 陈丽慧等, 2015)。

1.3 数据统计与分析

采用软件 Microsoft Excel 2003 和 DPS 7.55 数据处理软件进行配对样本 t 检验。

2 结果

2.1 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片营养物质含量的变化

2.1.1 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片叶绿素含量的变化:由表 1 可知,牧草盲蝽危害后不同寄主叶片叶绿素含量均有所下降,下降率为 2.6% ~ 26.21%。变化率由高到低依次为:紫花苜蓿 > 宽叶独行菜 > 木地肤 > 新陆中 38 > 碱蓬 > 灰绿藜 > 天蓝苜蓿 > 马齿苋 > 田旋花 > 反枝苋。除反枝苋叶片中的叶绿素含量与对照间无显著差异外,其余寄主与对照间差异显著。其中,紫花苜蓿叶片中叶绿素含量下降率明显高于其他 9 种寄主,与对照间存在极显著差异($P < 0.01$)。

2.1.2 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片中可溶性糖含量的变化:不同寄主在受到牧草盲蝽危害后,叶片

可溶性糖含量变化趋势各异(表 2)。马齿苋、反枝苋、木地肤、碱蓬叶片中可溶性糖含量下降,下降率为 6.98% ~24.05%。其中,木地肤中的下降率最高,其次为碱蓬,均与对照间存在显著差异($P<0.05$)。马齿苋与反枝苋叶片中可溶性糖含量下降率相近,与对照无显著差异。其余 6 种寄主叶片中可溶性糖含量均上升,其中,灰绿藜叶片中可溶性糖含量上升率最高,且与对照间存在显著差异($P<0.05$),田旋花叶片中的可溶性糖含量上升率最低。

表 1　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片叶绿素含量的变化

Table 1　Changes in chlorophyll content in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

主植物 Host plants	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g)		变化率(%) Change rate
	受害株 Injured plant	未受害株 Uninjured plant	
灰绿藜 *Chenopodium glaucum*	2.50 ±0.10 b	2.85 ±0.13 a	−12.22
马齿苋 *Portulaca oleracea*	0.72 ±0.02 b	0.79 ±0.02 a	−9.37
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	1.17 ±0.11 a	1.20 ±0.05 a	−2.6
紫花苜蓿 *Medicago sativa*	2.42 ±0.13 B	3.28 ±0.20 A	−26.21
木地肤 *Kochia prostrata*	0.78 ±0.08 b	1.01 ±0.10 a	−22.79
棉花(新陆中 38) Cotton variety XLZ38	2.03 ±0.18 b	2.74 ±0.14 a	−18.34
碱蓬 *Suaeda glauca*	0.93 ±0.05 b	1.12 ±0.06 a	−16.48
天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*	1.79 ±0.07 b	2.03 ±0.07 a	−11.96
田旋花 *Convolvulus arvensis*	1.74 ±0.04 b	1.92 ±0.07 a	−9.17
宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*	2.12 ±0.28 b	2.77 ±0.23 a	−23.59

表中数据表示平均数 ± 标准误;经配对样本 t 检验,同行数据后不同大小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$)。下表同。Data in the table are means ± *SE*, and those followed by different uppercase letters and lowercase letters in the same line indicate extremely significant difference ($P<0.01$) and significant difference ($P<0.05$) by paired t-test. The same for the following tables.

表 2　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片可溶性糖含量的变化

Table 2　Changes in soluble sugar content in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

寄主植物 Host plants	可溶性糖含量 Soluble sugar content (%)		变化率(%) Change rate
	受害株 Injured plant	未受害株 Uninjured plant	
灰绿藜 *Chenopodium glaucum*	1.14 ±0.15 a	0.67 ±0.04 b	68.92
马齿苋 *Portulaca oleracea*	0.49 ±0.03 a	0.52 ±0.04 a	−6.98
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	0.69 ±0.07 a	0.75 ±0.06 a	−7.97
紫花苜蓿 *Medicago sativa*	1.12 ±0.17 a	0.78 ±0.04 a	44.6
木地肤 *Kochia prostrata*	0.45 ±0.04 a	0.56 ±0.03 b	−24.05
棉花(新陆中 38) Cotton variety XLZ38	0.42 ±0.02 a	0.32 ±0.03 b	31.93
碱蓬 *Suaeda glauca*	0.43 ±0.02 a	0.51 ±0.03 b	−18.49
天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*	1.58 ±0.13 a	1.29 ±0.07 b	22.82
田旋花 *Convolvulus arvensis*	1.29 ±0.08 a	1.10 ±0.05 a	17.5
宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*	1.15 ±0.61 a	0.89 ±0.24 a	28.64

2.1.3　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片中游离脯氨酸含量的变化:由表 3 可见,不同寄主在受到牧草盲蝽危害后,除反枝苋外的 9 种寄主叶片游离脯氨酸含量均有所上升,变化率为 15.60% ~68.72%,其中,游离脯氨酸含量上升率最高的寄主是紫花苜蓿,其次为新陆中 38、灰绿藜、木地肤和马齿苋,与对照存在显著差异($P<0.05$)。田旋花的叶片游离脯氨酸含量上升率最低,与对照无显著性差异。表明牧草盲蝽取食危害加速了寄主体内游离脯氨酸的积累。

2.1.4　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片蛋白质含量的变化:受牧草盲蝽危害后,供试寄主叶片蛋白质含量均呈下降趋势(表 4)。不同寄主植物叶片中蛋白质含量下降率由高到低依次为:新陆中 38 > 马齿苋 > 碱蓬 > 田旋花 > 天蓝苜蓿 > 灰绿藜 > 宽叶独行菜 > 紫花苜蓿 > 木地肤 > 反枝苋。其中,马齿苋、碱蓬、田旋花、天蓝苜蓿和宽叶独行菜叶片中蛋白质含量与对照间存在显著差异($P<0.05$),其余 5 种寄主植物叶片中蛋白质含量与对照间差异均未达到显著水平。

表 3 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片游离脯氨酸含量的变化

Table 3 Changes in free proline content in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

寄主植物 Host plants	游离脯氨酸 Free prolin content (μg/g) 受害株 Injured plant	未受害株 Uninjured plant	变化率(%) Change rate
灰绿藜 *Chenopodium glaucum*	76.29 ±6.63 a	58.95 ±4.08 b	29.43
马齿苋 *Portulaca oleracea*	79.41 ±7.30 a	67.54 ±5.80 a	17.58
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	118.39 ±5.80 b	164.41 ±19.11 a	-38.87
紫花苜蓿 *Medicago sativa*	92.07 ±24.07 a	54.57 ±3.17 b	68.72
木地肤 *Kochia prostrata*	15.83 ±1.06 a	13.45 ±0.53 b	17.69
棉花(新陆中 38) Cotton variety XLZ38	158.14 ±15.22 a	115.66 ±9.07 b	36.73
碱蓬 *Suaeda glauca*	18.96 ±4.30 a	14.84 ±2.03 a	27.72
天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*	88.35 ±8.62 a	76.23 ±7.78 a	15.91
田旋花 *Convolvulus arvensis*	24.36 ±3.75 a	21.08 ±2.41 a	15.60
宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*	53.77 ±2.22 a	42.18 ±12.81 a	27.49

表 4 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片蛋白质含量的变化

Table 4 Changes in protein content in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

寄主植物 Host plants	蛋白质含量 Protein content (%) 受害株 Injured plant	未受害株 Uninjured plant	变化率(%) Change rate
灰绿藜 *Chenopodium glaucum*	5.61 ±0.59 a	6.02 ±0.49 a	-7.34
马齿苋 *Portulaca oleracea*	3.44 ±0.20 b	4.57 ±0.42 a	-32.60
反枝苋 *Amaranthus retroflexus*	4.89 ±0.28 a	5.03 ±0.44 a	-2.96
紫花苜蓿 *Medicago sativa*	10.08 ±0.25 a	10.54 ±0.31 a	-6.90
木地肤 *Kochia prostrata*	6.18 ±0.48 a	6.59 ±0.46 a	-6.54
棉花(新陆中 38) Cotton variety XLZ38	3.20 ±0.55 a	4.48 ±0.66 a	-39.92
碱蓬 *Suaeda glauca*	2.71 ±0.21 b	3.55 ±0.29 a	-31.00
天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*	11.05 ±0.47 b	12.10 ±0.21 a	-9.48
田旋花 *Convolvulus arvensis*	6.63 ±0.21 b	7.43 ±0.26 a	-12.02
宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*	10.08 ±0.19 b	10.81 ±0.17 a	-7.16

2.2 牧草盲蝽危害对寄主植物叶片保护酶活性的影响

2.2.1 POD 活性：不同寄主植物受害后叶片中 POD 活性均呈增强趋势(图 1)。受害后马齿苋叶片 POD 活性增强率最高，其次为天蓝苜蓿和新陆中 38，与未受害株相比差异显著($P < 0.05$)。其余 7 种寄主受害株与未受害株间差异均无显著性差异，木地肤叶片中 POD 活性增强率最低。

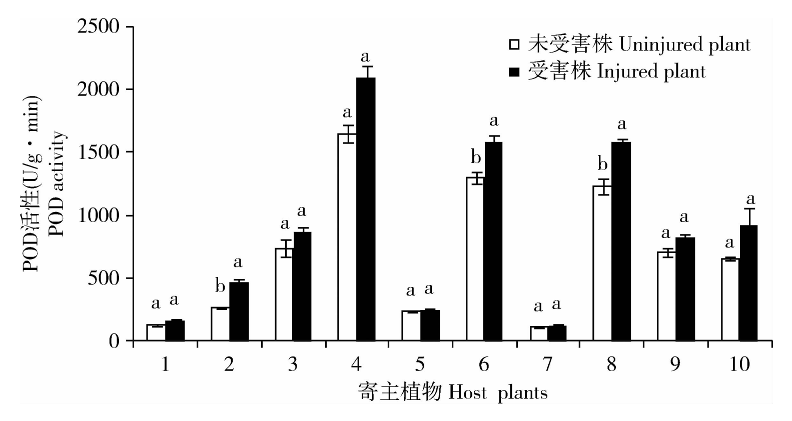


图 1 牧草盲蝽危害后寄主植物叶片 POD 活性的变化

Fig. 1 Changes in POD activities in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

1：灰绿藜 *Chenopodium glaucum*；2：马齿苋 *Portulaca oleracea*；3：反枝苋 *Amaranthus retroflexus*；4：紫花苜蓿 *Medicago sativa*；5：木地肤 *Kochia prostrata*；6：棉花(新陆中38) Cotton variety XLZ38；7：碱蓬 *Suaeda glauca*；8：天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*；9：田旋花 *Convolvulus arvensis*；10：宽叶独行菜 *Lepidium latifolium*。图中数据表示平均数 ± 标准误；经配对样本 *t* 检验，柱上不同大小写字母表示差异极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$)。图 2 和 3 同。Data in the figure are means ± *SE*, and different uppercase letters and lowercase letters above bars indicate extremely significant difference ($P < 0.01$) and significant difference ($P < 0.05$) by paired *t*-test. The same for Figs. 2 and 3.

2.2.2　CAT 活性：受害后不同寄主植物叶片 CAT 活性有增有减（图 2）。灰绿藜、紫花苜蓿、田旋花叶片 CAT 活性增高，增长率分别为 45.07%，30.95% 和 22.47%，但与未受害株间无显著差异。其余 7 种寄主植物叶片 CAT 活性均呈下降趋势。其中，天蓝苜蓿受害后叶片 CAT 活性下降率最高，为 250.26%；其次为马齿苋，下降率为 67.25%，且受害株与未受害株间存在极显著差异（$P<0.01$）。木地肤受害后叶片中 CAT 活性下降率最低，为 3.06%，且受害株与未受害株间无显著性差异。

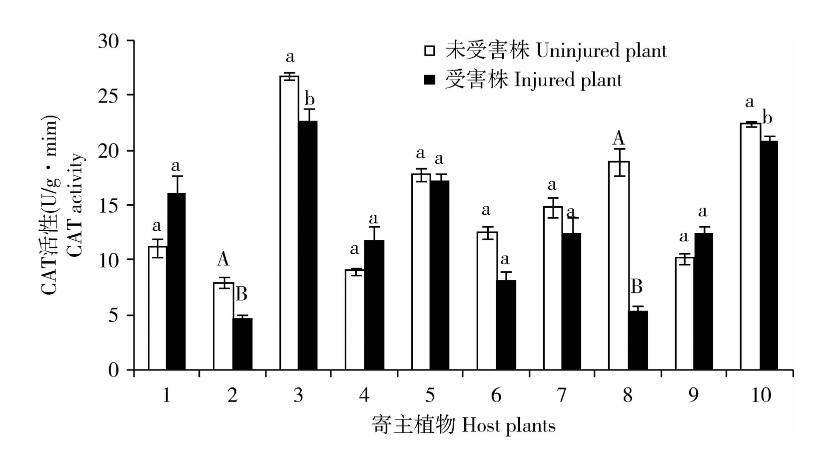


图 2　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片 CAT 含量的变化

Fig. 2　Changes in CAT activities in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

2.2.3　SOD 活性：SOD 活性在供试寄主植物受害株与未受害株叶片间均无显著差异（图 3）。受害后反枝苋和天蓝苜蓿叶片中 SOD 活性下降，下降率分别为 6.58% 和 4.04%。其余寄主植物叶片中 SOD 活性均增高，增幅在 1.87% ~5.01% 间。

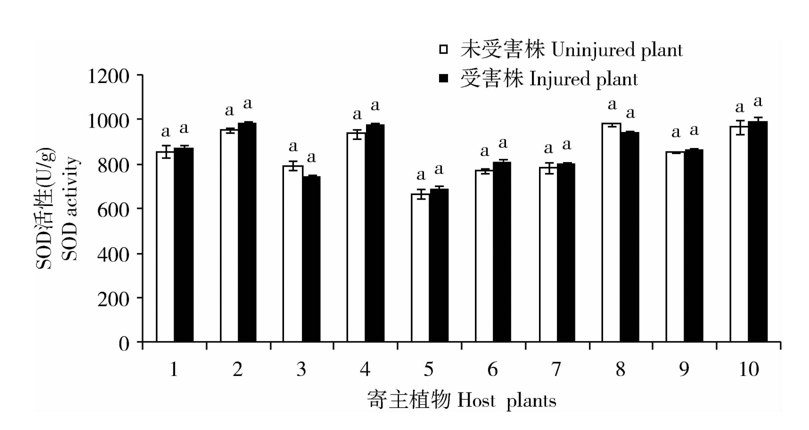


图 3　牧草盲蝽危害后寄主植物叶片 SOD 含量的变化

Fig. 3　Changes in SOD activities in leaves of different host plants infested by *Lygus pratensis*

3　结论与讨论

已有的研究表明，盲蝽对不同寄主植物的喜好程度存在明显的差异（陆宴辉等，2008）。以棉花为参照，调查发现牧草盲蝽在紫花苜蓿、灰绿藜、反枝苋、马齿苋、木地肤等寄主植株上的发生数量明显高于棉花上，这些寄主植物被视为牧草盲蝽的偏好寄主；而在天蓝苜蓿、碱蓬、宽叶独行菜、田旋花等寄主植株上的发生数量明显低于棉花，这部分寄主植物被视为牧草盲蝽的非偏好寄主（曹娜等，2017）。害虫对寄主植物的喜好差异与诸多因素有关，如寄主体内不同生化物质含量或寄主表面的物理结构的差异等。本研究通过测定分析受牧草盲蝽危害后不同寄主体内生理指标的变化差异，初步探讨了寄主植株体内不同生化物质含量及保护酶活性变化与牧草盲蝽对寄主选择特性之间的关系，为研究牧草盲蝽的种群增长机制及综合治理提供了理论依据。

叶绿素是植物叶片进行光合作用的基础，叶绿素含量的多少与光合作用呈正相关关系。随着植物

叶片的衰老,植物叶片所含叶绿素含量也会降低。逆境条件(病虫危害等)会加速植物衰老,抑制叶绿素的合成(魏书艳等, 2010b)。虫害胁迫也会对植物叶片造成损伤,影响植物光合作用面积,从而使植物叶片叶绿素含量降低(古艳芳等, 2009)。本研究结果表明,不同寄主叶片受牧草盲蝽危害后叶绿素含量均有所下降,但偏好性植物反枝苋叶绿素含量下降率最小,而非偏好植物碱蓬、宽叶独行菜叶绿素含量下降率较大,可能与不同寄主植物间的抗逆性差异有关。

可溶性糖是植物体内一种重要的渗透调节物质,不良环境会使植物体内的可溶性糖含量发生显著变化(覃光球等, 2006)。供试寄主植物叶片受牧草盲蝽危害后,可溶性糖含量变化各异,与寄主偏好程度关系不密切,可能与植物的抗虫性及自我补偿能力相关。棉花叶片受害后,可溶性糖含量呈上升趋势,与对照存在显著性差异,说明牧草盲蝽危害对棉花叶片可溶性糖含量影响显著,与魏书艳(2010b)研究发现中黑盲蝽危害转 Bt 棉后,寄主含糖量下降结果不同,有待进一步研究。蛋白质含量可以反映植物叶片中的氮含量,在逆境下,植物蛋白酶活性增强,蛋白质加速分解成氨基酸,蛋白质含量下降,氨基酸积累(贺文婷和彭德良, 2007)。本研究表明,不同寄主叶片受牧草盲蝽危害后蛋白质含量均有所下降,游离脯氨酸含量除反枝苋受害后有所下降外,其余寄主叶片中含量均上升。

寄主在受虫害后发生一系列的防御反应,而酶恰好是这些反应的基础。其中,SOD, POD 和 CAT 都在植物的抗虫防御过程中起着重要的保护作用,能有效抑制活性氧自由基对机体的伤害(黄伟等, 2007)。本研究结果表明,牧草盲蝽危害后,寄主叶片 POD 活性均增强,说明寄主 POD 活性上升由牧草盲蝽危害胁迫造成;CAT 活性有增有减,CAT 活性下降的寄主居多,且差异较为显著,与高勇等(2012)、魏书艳(2010a)等研究结果一致;多数寄主 SOD 活性增强,但与对照间均未形成显著差异。此外,牧草盲蝽偏好度较高的木地肤和紫花苜蓿保护酶活性增长率明显高于其他寄主。其中,木地肤和紫花苜蓿体内除 CAT 活性下降外,POD 和 SOD 活性均增强,而牧草盲蝽偏好度相对较低的马齿苋体内仅 POD 活性增强。

综上所述,不同寄主植物受害后体内营养物质含量及保护酶活性的变化与牧草盲蝽对寄主偏好度之间存在一定的相关性。偏好性寄主木地肤、紫花苜蓿受害后体内营养物质含量及保护酶活性变化显著,且田间虫源较多,可选择作为田间诱集植物。而偏好性寄主反枝苋受害后体内营养物质含量及保护酶活性变化不明显,非偏好性寄主宽叶独行菜受害后变化明显,且笔者在田间捕捉虫源时发现宽叶独行菜上牧草盲蝽数量极多,牧草盲蝽对反枝苋、宽叶独行菜的偏好性还需进一步研究。此外,不同寄主受害后体内营养物质含量及保护酶活性均有变化,但对牧草盲蝽发育、繁殖影响程度如何,还需结合室内饲养所得生命表参数进行讨论。

参考文献(References)

Cao N, Leng LY, Liu DC, Feng HZ, 2017. Study on the host plants and diet selection of *Lygus pratensis*. *China Cotton*, 44(3): 27–29, 38. [曹娜, 冷凌云, 刘端春, 冯宏祖, 2017. 牧草盲蝽的寄主种类及取食选择性研究. 中国棉花, 44(3): 27–29, 38]

Chen LH, Wumuerhan P, Cui YH, Li Y, Feng HZ, 2015. Effect of *Aphis gossypii* feeding on defense enzyme activity in different varieties of cotton. *Xinjiang Agric. Sci.*, 52(10): 1866–1871. [陈丽慧, 帕提玛·乌木尔汗, 崔燕华, 李勇, 冯宏祖, 2015. 棉蚜取食对不同品种棉花防御酶活性的影响. 新疆农业科学, 52(10): 1866–1871]

Fleury D, Bostanian N, Mauffette Y, Vincent C, 2007. Residual toxicity of two insecticides on three field populations of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridea) collected along the St Lawrence valley in eastern Canada. *Pest Manag. Sci.*, 63(5): 495–499.

Gao Y, Men XY, Yu Y, Zhou HX, 2012. Changes of physiological indexes of jujube, peach, cherry and grape leaves damaged by *Apolygus lucorum* in northern China. *Sci. Agric. Sin.*, 45(22): 4627–4634. [高勇, 门兴元, 于毅, 周洪旭, 2012. 绿盲蝽危害后枣、桃、樱桃、葡萄叶片生理代谢指标的变化. 中国农业科学, 45(22): 4627–4634]

Gu YF, Ding SY, Li TT, Wang X, Li JJ, Zhang LX, 2009. Effects of saline stress on dry matter partitioning and ecophysiological characteristics of winter wheat seedlings. *Acta Ecol. Sin.*, 29(2): 840–845. [谷艳芳, 丁圣彦, 李婷婷, 王欣, 李俊娇, 张丽霞, 2009. 盐胁迫对冬小麦幼苗干物质分配和生理生态特性的影响. 生态学报, 29(2): 840–845]

He WT, Peng DL, 2007. Physiological and biochemical response of plant to nematode stress. *Plant Prot.*, 33(2): 11–15. [贺文婷, 彭德良, 2007. 植物对线虫胁迫的生理生化响应机制. 植物保护, 33(2): 11–15]

Huang W, Jia ZK, Han QF, 2007. Effects of herbivore stress by *Aphis medicaginis* Koch on the contents of MDA and activities of protective enzymes in different alfalfa varieties. *Acta Ecol. Sin.*, 27(6): 2177–2183. [黄伟, 贾志宽, 韩清芳, 2007. 蚜虫(*Aphis medicaginis* Koch)危害胁迫对不同苜蓿品种体内丙二醛含量及防御性酶活性的影响. 生态学报, 27(6): 2177–2183]

Lu YH, Qiu F, Feng HQ, 2008. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt

cotton in China. *Crop Prot*., 27(3 -5): 465 -472.

Lu YH, Wu KM, Cai XM, Liu YQ, 2008. A rearing method for mirids using the green bean, *Phaseolus vulgaris* in the laboratory. *J. Plant Prot*., 35(3): 215 -219. [陆宴辉，吴孔明，蔡晓明，刘仰青，2008. 利用四季豆饲养盲蝽的方法. 植物保护学报，35(3): 215 -219]

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982): 1151 -1154.

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, 2010. Occurrence trend and control strategy of cotton mirids in China. *Plant Prot*., 36(2): 150 -153. [陆宴辉，吴孔明，姜玉英，夏冰，2010. 棉花盲蝽的发生趋势与防控对策. 植物保护，36(2): 150 -153]

Mao H, Chen H, Liu XX, Zhang QW, 2011. Effects of *Apolygus lucorum* feeding and mechanical damage on defense enzyme activities in cotton leaves. *Chin. J. Appl. Entomol*., 48(5): 1431 -1436. [毛红，陈瀚，刘小侠，张青文，2011. 绿盲蝽取食与机械损伤对棉花叶片内防御性酶活性的影响. 应用昆虫学报，48(5): 1431 -1436]

Qin GQ, Yan CL, Wei LL, 2006. Effect of cadmium stress on the contents of tannin, soluble sugar and proline in *Kandelia candel* (L.) druce seedlings. *Acta Ecol. Sin*., 26(10): 3366 -3371. [覃光球，严重玲，韦莉莉，2006. 秋茄幼苗叶片单宁、可溶性糖和脯氨酸含量对 Cd 胁迫的响应. 生态学报，26(10): 3366 -3371]

Sun P, Yang Q, Liu DC, Gou CQ, Feng HZ, 2017. Responses of *Lygus pmtensis* to 7 different host plants. *Xinjiang Agric. Sci*., 54(5): 925 -930. [孙鹏，杨琪，刘端春，苟长青，冯宏祖，2017. 牧草盲蝽对七种寄主植物的趋性行为反应研究. 新疆农业科学，54(5): 925 -930]

Tan YA, Bai LX, Xiao LB, Wei SY, Zhao HX, 2010. Herbivore stress by *Lygus lucorum* inducing protective enzyme activity and MDA content on different cotton varieties. *Cotton Sci*., 22(5): 479 -485. [谭永安，柏立新，肖留斌，魏书艳，赵洪霞，2010. 绿盲蝽危害对棉花防御性酶活性及丙二醛含量的诱导. 棉花学报，22(5): 479 -485]

Wang JR, Yang HF, Meng ZJ, Ji RG, 1979. The occurrence dynamics and damage characteristics of *Lygus pratensis* and cotton "hollow" problem in Xinjiang. *Xinjiang Agric. Sci*., (3): 1 -6. [王敬儒，杨海峰，孟昭金，季瑞根，1979. 新疆牧草盲椿象的为害特点与棉花"中空"问题. 新疆农业科学，(3): 1 -6]

Wang XK, 2010. Principles and Techniques of Plant Physiological Biochemical Experiment. 2nd ed. Higher Education Press, Beijing. [王学奎，2010. 植物生理生化实验原理和技术(第 2 版). 北京：高等教育出版社]

Wei SY, Xiao LB, Tan YA, Zhao HX, Bai LX, 2010a. Changes of physiological indices of host plants infested by *Lygus lucorum* Meyer-Dùr (Hemiptera: Miridae). *J. Plant Prot*., 37(4): 359 -364. [魏书艳，肖留斌，谭永安，赵洪霞，柏立新，2010a. 不同寄主受绿盲蝽危害后生理代谢指标的变化. 植物保护学报，37(4): 359 -364]

Wei SY, Xiao LB, Tan YA, Zhao HX, Bai LX, 2010b. Changes in physiological index of transgenic and non-transgenic Bt cotton infested by *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Mirida). *J. Nanjing Agric. Univ*., 33(5): 55 -59. [魏书艳，肖留斌，谭永安，赵洪霞，柏立新，2010b. 转 Bt 棉与常规棉受中黑盲蝽危害后生理代谢指标的变化. 南京农业大学学报，33(5): 55 -59]

Wu K, Li W, Feng H, 2002. Seasonal abundance of the mirids, *Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Prot*., 21(10): 997 -1002.

Wu KM, Lu YH, Feng HQ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676 -1679.

Yang MC, Yang T, 2001. The occurrence dynamics and damage characteristics and integrated control of *Lygus pratensis* in southern Xinjiang. *Plant Prot*., 27(5): 31 -32. [杨明超，杨涛，2001. 牧草盲蝽在南疆的发生危害及其防治. 植物保护，27(5): 31 -32]

Yang Q, Sun P, Liu DC, Gou CQ, Feng HZ, 2017. Dynamic change of biochemical matter contents of *Lygus pratensis* (L.) adult during non-wintering period and overwintering period. *Xinjiang Agric. Sci*., 54(5): 900 -906. [杨琪，孙鹏，刘端春，苟长青，冯宏祖，2017. 牧草盲蝽非越冬期和越冬期成虫体内生化物质含量动态变化. 新疆农业科学，54(5): 900 -906]

Yang X, Jin BF, Meng JW, Zhu B, 2004. *Lygus pratensis* outbreak in southern Xinjiang in 2003. *China Cotton*, 31(5): 43. [杨雄，金宝福，孟建文，朱彪，2004. 2003 年牧草盲蝽在南疆大发生. 中国棉花，31(5): 43]

Zeng FR, Bi XP, 2005. Insect digestive enzyme inhibitors and insect pest management. *Biotechnol. Bull*., (5): 39 -42. [曾凡荣，毕新平，2005. 昆虫消化酶抑制剂与害虫防治. 生物技术通报，(5): 39 -42]

Zhang XF, 2014. A preliminary study on individual development process of *Lygus pratensis*. *Shaanxi J. Agric. Sci*., 60(2): 43 -44. [张孝峰，2014. 牧草盲蝽个体发育进程研究初报. 陕西农业科学，60(2): 43 -44]

(责任编辑：赵利辉)